·论著·

基于社区卫生工作者管理下的运动干预对2型糖尿病影响的Meta分析

董晨阳，李然*，刘若亚，黄志扬，杨阳

100084 北京市，北京体育大学运动人体科学学院

*通信作者：李然，副教授；E-mail：liranemail@bsu.edu.cn

【摘要】 **背景** 2型糖尿病患者通常缺乏足够的安全运动意识，运动依从性不高，需要专业人员进行运动干预管理以更好地改善2型糖尿病患者的病情。值得参考的策略就是利用社区卫生工作者为患者提供运动干预的管理。目前关于运动干预管理方面的研究缺乏，且通常2型糖尿病患者健康管理的研究仅提及运动而没有具体的运动管理措施，尚缺少相关的定量系统评价。**目的** 系统评价基于社区卫生工作者管理下的运动干预对2型糖尿病患者的健康影响及具体的运动干预方案。**方法** 计算机检索8个中英文数据库，包括PubMed、Cochrane Library、Web of Science、Embase、中国知网、万方数据知识服务平台、维普网、中国生物医学文献数据库（CBM），筛选基于社区卫生工作者管理下的运动干预对2型糖尿病患者影响的随机对照试验，其中干预组采取基于社区卫生工作者管理下的运动干预方案，对照组采取常规护理。检索时间从建库至2022-10-17。文献筛选、质量评价和数据提取由2名研究人员独立完成。使用RevMan 5.4和Stata 15.1软件进行Meta分析。通过亚组分析和敏感性分析寻找异质性来源。预先确定的亚组为干预周期（3个月、6个月、>6个月）、运动频率（3次/周、>3次/周）和单次运动时间（≤30 min/次、>30 min/次）。**结果** 本研究最终纳入11篇文献，共有受试者1 079例，其中干预组550例，对照组529例。Meta分析结果显示，基于社区卫生工作者管理模式下的运动干预较对照组更能降低2型糖尿病患者的糖化血红蛋白（$MD=-1.07$，$95\%CI=-1.31\sim-0.83$，$P<0.000\ 01$）、空腹血糖（$MD=-1.26$，$95\%CI=-1.57\sim-0.96$，$P<0.000\ 01$）、餐后2 h血糖（$MD=-1.47$，$95\%CI=-1.90\sim-1.04$，$P<0.000\ 01$）、总胆固醇（$MD=-1.02$，$95\%CI=-1.52\sim-0.51$，$P<0.0001$）、低密度脂蛋白（$MD=-0.62$，$95\%CI=-0.87\sim-0.37$，$P<0.000\ 01$）和三酰甘油水平（$MD=-0.71$，$95\%CI=-1.13\sim-0.28$，$P=0.001$），而对高密度脂蛋白的改善程度无显著差异（$MD=0.09$，$95\%CI=-0.02\sim0.21$，$P=0.11$）。亚组分析结果显示，与3次/周的运动频率相比，>3次/周的运动频率对总胆固醇的改善更显著（$P=0.02$）；与≤30 min/次的单次运动时间相比，>30 min/次的单次运动时间对餐后2 h血糖的改善更显著（$P=0.001$）；与6个月以及更长时间的干预周期相比，干预周期为3个月的运动干预对糖化血红蛋白（$P<0.000\ 01$）、三酰甘油（$P=0.008$）的改善更显著。Egger′s检验显示糖化血红蛋白（$P=0.34$）、空腹血糖（$P=0.281$）未表现出显著的发表偏倚。证据质量评价结果显示，糖化血红蛋白和空腹血糖为低级证据，餐后2 h血糖和血脂相关结局指标为极低级证据。**结论** 基于社区卫生工作者管理下的运动干预可以显著改善2型糖尿病患者的血糖和血脂水平。社区卫生工作者在今后针对2型糖尿病的运动干预管理中，推荐按照>30 min/次、>3次/周、持续≥3个月的有氧运动干预来制订运动方案。如果2型糖尿病患者伴有血脂异常的情况，则建议运动干预周期最好持续6个月及以上。

【关键词】 糖尿病，2型；运动干预；社区卫生工作者；管理；Meta分析

【中图分类号】 R 587.1 【文献标识码】 A DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0550

Effect of Exercise Interventions Based on Community Health Workers′ Management on Type 2 Diabetes Mellitus：a Meta-analysis

DONG Chenyang，LI Ran，LIU Ruoya，HUANG Zhiyang，YANG Yang*

基金项目：国家重点研发计划（2020YFC2006703）

引用本文：董晨阳，李然，刘若亚，等. 基于社区卫生工作者管理下的运动干预对2型糖尿病影响的Meta分析[J]. 中国全科医学，2023.[Epub ahead of print]. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0550.［www.chinagp.net］

DONG C Y，LI R，LIU R Y，et al. Effect of exercise interventions based on community health workers′ management on type 2 diabetes mellitus：a meta-analysis［J］. Chinese General Practice，2023.［Epub ahead of print］.

School of Sport Science, Beijing Sport University, Beijing 100084, China
Corresponding author: LI Ran, Associate professor; E-mail: liranemail@bsu.edu.cn

【Abstract】 **Background** Patients with type 2 diabetes usually lack sufficient awareness of safe exercise and have poor exercise compliance, which requires the management of exercise interventions by professionals to improve the health status of patients with type 2 diabetes. A strategy worth considering is the management of exercise interventions for patients by community health workers. Currently, there is a lack of research on the management of exercise interventions, and studies on the health management of patients with type 2 diabetes usually only mention exercise without specific exercise management measures. Additionally, there is a lack of quantitative systematic reviews. **Objective** To systematically review the health effects of exercise interventions based on community health workers' management for patients with type 2 diabetes and specific exercise intervention programs. **Methods** Eight Chinese and English databases, including PubMed, Cochrane Library, Web of Science, Embase, CNKI, Wanfang Data, VIP and CBM were searched by computer from inception to October 17, 2022, to screen randomized controlled trials on the effects of exercise interventions based on community health workers' management for patients with type 2 diabetes, in which the intervention group adopted an exercise intervention program based on community health workers' management and the control group adopted conventional care. Literature screening, quality assessment, and data extraction were performed independently by 2 investigators. Meta-analysis was performed using RevMan 5.4 and Stata 15.1 software. Sensitivity and subgroup analyses were carried out to find sources of heterogeneity. Pre-identified subgroups were intervention duration (3 months; 6 months; >6 months), frequency of exercise (3 times/week; >3 times/week), and duration of the single exercise session (≤ 30 min/session; >30 min/session). **Results** A total of 1 079 subjects from 11 articles were finally included in this review, of which 550 were in the intervention group and 529 in the control group. The results of the Meta-analysis revealed that the exercise interventions based on community health workers' management were more effective than the control groups in reducing glycated hemoglobin (*MD*=-1.07, 95%*CI*=-1.31 to -0.83, *P*<0.000 01), fasting blood glucose (*MD*=-1.26, 95%*CI*=-1.57 to -0.96, *P*<0.000 01), 2-hour plasma glucose (*MD*=-1.47, 95%*CI*=-1.90 to -1.04, *P*<0.000 01), total cholesterol (*MD*=-1.02, 95%*CI*=-1.52 to -0.51, *P*<0.000 1), low-density lipoprotein (*MD*=-0.62, 95%*CI*=-0.87 to -0.37, and *P*<0.000 01) and triglyceride levels (*MD*=-0.71, 95%*CI*=-1.13 to -0.28, *P*=0.001), whereas there was no significant difference in the improvement of high-density lipoprotein (*MD*=0.09, 95%*CI*=-0.02 to 0.21, *P*=0.11). Subgroup analysis showed more significant improvements in total cholesterol with exercise frequency of more than three times/week compared with three times/week (*P*=0.02); improvement in 2-hour plasma glucose was more significant with >30 min/session compared with ≤ 30 min/session (*P*=0.001); single exercise session of three months duration showed more significant improvements in glycated hemoglobin (*P*<0.000 01) and triglycerides (*P*=0.008) compared with duration of six months and longer. Egger's test indicated that glycated hemoglobin (*P*=0.34), and fasting blood glucose (*P*=0.281) did not show any significant publication bias. The quality of evidence evaluation demonstrated that glycated hemoglobin and fasting blood glucose were low-level evidence, and 2-hour plasma glucose and lipid-related outcomes were very low-level evidence. **Conclusion** Exercise interventions based on community health workers' management could significantly improve blood glucose and lipid levels in patients with type 2 diabetes. Community health workers are recommended to develop an exercise program based on aerobic exercise intervention of >30 min/session, >3 sessions/week, and duration of ≥ 3 months in future exercise intervention management for type 2 diabetes. If the patients with type 2 diabetes mellitus have concurrent dyslipidemia, it is recommended that the duration of the exercise intervention should ideally last for more than 6 months.

【Key words】 Diabetes mellitus, type 2; Exercise interventions; Community health workers; Management; Meta-analysis

2 型糖尿病是由于胰腺 β 细胞长期胰岛素分泌不足而引起血液中的葡萄糖水平升高，从而导致的代谢紊乱[1]。最新流行病学研究结果显示，2021 年我国糖尿病患病人数估计将超过 1.4 亿。国际糖尿病联盟（IDF）预测，到 2045 年我国糖尿病患病人数将超过 1.74 亿。其中，绝大多数是 2 型糖尿病患者[2]。如果缺乏适当的治疗或管理，糖尿病及其并发症的流行将会给我国的医疗卫生系统带来巨大的压力[3]。

大量的研究证实了运动对 2 型糖尿病患者的糖脂代谢、炎症因子、维持血管功能等方面有很大的益处[4-8]。然而，当前现状研究表明，2 型糖尿病患者缺乏足够的安全运动意识，且运动依从性不高，需要专业人员进行运动干预管理以更好地改善 2 型糖尿病患者的病情[9-11]。我国糖尿病患者众多，专科医院的医生、护士极度短缺，加上一线医务人员工作繁重，通常无法实现对患者进行全面的运动指导[12]。因而，社区卫生服务中心的社区

卫生工作者在 2 型糖尿病的运动干预管理方面起到无可替代的重要作用[13]。

目前对于 2 型糖尿病的运动干预研究多集中于运动类型上[7，14-15]，而关注管理模式的研究缺乏[16]。虽然已经有研究表明社区卫生工作者在 2 型糖尿病的综合管理中发挥着重要作用[17-18]，但很多管理方面的研究中，仅提及运动的建议，鲜有具体的运动干预管理方案[17，19-20]，这就使得关于运动干预管理的研究证据缺乏。此外，目前尚缺少相关的定量系统评价。因此，本研究通过对相关文献进行 Meta 分析，探究基于社区卫生工作者管理下的运动干预对 2 型糖尿病患者的影响，为运动干预管理模式的研究提供理论和证据支撑。

1 资料与方法

本研究 PROSPERO 注册号：CRD42023434588。

1.1 检索策略

本研究遵循系统评价和 Meta 分析的首选报告条目（PRISMA）检查表[21]。在检索过程中，采用主题词结合自由词的方式，针对各数据库的具体检索方式，采取了不同的检索策略。通过预检索，确定最终的检索词后，检索 8 个中英文数据库，包括 PubMed、Cochrane Library、Web of Science、Embase、中国知网、万方数据知识服务平台、维普网、中国生物医学文献数据库。检索时间从建库至 2022-10-17。中文检索词为“2 型糖尿病”“运动”“社区”；英文检索词为“Diabetes Mellitus，Type 2”“Exercise”“community”。PubMed 数据库中的具体检索策略见表 1。

1.2 纳入和排除标准

纳入标准：（1）研究对象：已确诊的 2 型糖尿病患者（年龄≥ 18 岁）；（2）干预措施：在干预组中，超过 50% 的干预措施是运动干预，且有具体的运动干预方案，研究是在社区中进行；（3）对照组：既不进

表 1 PubMed 数据库的具体检索策略

Table 1 Specific search strategies for PubMed database

检索	检索词
#1	"Diabetes Mellitus，Type 2"［Mesh］
#2	Diabetes Mellitus，Noninsulin-Dependent［Title/Abstract］ OR Diabetes Mellitus，Ketosis-Resistant［Title/Abstract］ OR Diabetes Mellitus，Ketosis Resistant［Title/Abstract］ OR Ketosis-Resistant Diabetes Mellitus［Title/Abstract］ OR Diabetes Mellitus，Non Insulin Dependent［Title/Abstract］ OR Diabetes Mellitus，Non-Insulin-Dependent［Title/Abstract］ OR Non-Insulin-Dependent Diabetes Mellitus［Title/Abstract］ OR Diabetes Mellitus，Stable［Title/Abstract］ OR Stable Diabetes Mellitus［Title/Abstract］ OR Diabetes Mellitus，Type II［Title/Abstract］ OR NIDDM［Title/Abstract］ OR Diabetes Mellitus，Noninsulin Dependent［Title/Abstract］ OR Diabetes Mellitus，Maturity-Onset［Title/Abstract］ OR Diabetes Mellitus，Maturity Onset［Title/Abstract］ OR Maturity-Onset Diabetes Mellitus［Title/Abstract］ OR Maturity Onset Diabetes Mellitus［Title/Abstract］ OR Type 2 Diabetes Mellitus［Title/Abstract］ OR Noninsulin-Dependent Diabetes Mellitus［Title/Abstract］ OR Noninsulin Dependent Diabetes Mellitus［Title/Abstract］ OR Maturity-Onset Diabetes［Title/Abstract］ OR Diabetes，Maturity-Onset［Title/Abstract］ OR Maturity Onset Diabetes［Title/Abstract］ OR Type 2 Diabetes［Title/Abstract］ OR Diabetes，Type 2［Title/Abstract］ OR Diabetes Mellitus，Adult-Onset［Title/Abstract］ OR Adult-Onset Diabetes Mellitus［Title/Abstract］ OR Diabetes Mellitus，Adult Onset［Title/Abstract］
#3	#1 OR #2
#4	"Exercise"［Mesh］
#5	Exercises［Title/Abstract］ OR Physical Activity［Title/Abstract］ OR Activities，Physical［Title/Abstract］ OR Activity，Physical［Title/Abstract］ OR Physical Activities［Title/Abstract］ OR Exercise，Physical［Title/Abstract］ OR Exercises，Physical［Title/Abstract］ OR Physical Exercise［Title/Abstract］ OR Physical Exercises［Title/Abstract］ OR Exercise，Acute［Title/Abstract］ OR Exercises，Acute［Title/Abstract］ OR Exercise Training［Title/Abstract］ OR Exercise Trainings［Title/Abstract］ OR Training，Exercise［Title/Abstract］ OR Trainings，Exercise OR［Title/Abstract］
#6	#4 OR #5
#7	"Community Health Planning"［Mesh］
#8	Community［Title/Abstract］ OR Communities［Title/Abstract］ OR Community Health Plannings［Title/Abstract］ OR Health Planning，Community［Title/Abstract］ OR Health Plannings，Community［Title/Abstract］ OR Planning，Community Health［Title/Abstract］ OR Plannings，Community Health［Title/Abstract］ OR Community Health Systems［Title/Abstract］ OR Community Health System［Title/Abstract］ OR Health System，Community［Title/Abstract］ OR Health Systems，Community［Title/Abstract］ OR System，Community Health［Title/Abstract］ OR Systems，Community Health［Title/Abstract］ OR Therapeutic Community［Title/Abstract］ OR Community，Therapeutic［Title/Abstract］ OR Communities，Therapeutic［Title/Abstract］ OR Therapeutic Communities［Title/Abstract］ OR Community Health Services［Title/Abstract］ OR Community Health Service［Title/Abstract］ OR Health Service，Community［Title/Abstract］ OR Service，Community Health［Title/Abstract］ OR Services，Community Health［Title/Abstract］ OR Health Services，Community［Title/Abstract］ OR Community Health Care［Title/Abstract］ OR Care，Community Health［Title/Abstract］ OR Health Care，Community［Title/Abstract］ OR Community Healthcare［Title/Abstract］ OR Community Healthcares［Title/Abstract］ OR Healthcare，Community［Title/Abstract］ OR Healthcares，Community［Title/Abstract］ OR Community Health Centers［Title/Abstract］ OR Center，Community Health［Title/Abstract］ OR Centers，Community Health［Title/Abstract］ OR Community Health Center［Title/Abstract］ OR Health Center，Community［Title/Abstract］ OR Health Centers，Community［Title/Abstract］ OR Community Health Nursing［Title/Abstract］ OR Nursing，Community Health［Title/Abstract］ OR Public Health［Title/Abstract］ OR Health，Public［Title/Abstract］ OR Community Health［Title/Abstract］ OR Health，Community［Title/Abstract］
#9	#7 OR #8
#10	#3 AND #6 AND #9

行运动干预也不进行运动干预管理或进行常规治疗;（4）管理方式：社区卫生工作者管理下的运动干预，社区医生、社区护士、社区志愿者或相关研究者等对患者进行运动干预管理（按照上级专科医院处方对2型糖尿病实施延续性管理与随访、为患者制订运动方案、运动过程中给予指导或监督等）；（5）研究类型：随机对照试验（RCT）；（6）结局指标，主要结果：糖化血红蛋白，空腹血糖，餐后2 h血糖；次要结果：总胆固醇，高密度脂蛋白，低密度脂蛋白，三酰甘油；（7）限定语种：中、英文。

排除标准:（1）研究对象为因患有急性或慢性疾病、严重并发症或其他严重疾病而不适合进行运动的2型糖尿病患者；（2）干预措施只提及运动但是没有具体的运动方案；（3）重复发表的研究纳入数据报告最完整的一项；（4）会议报告/文献无摘要；（5）无法获得全文或数据资料不全。

1.3 文献筛选和数据提取

文献筛选和数据提取由2名研究人员独立完成。严格按照筛选标准，独立对检索的文献进行标题、摘要和全文的筛选。采用统一设计的表格独立进行数据的提取。数据信息包括文献的基本信息，即基线资料、干预措施（运动类型、持续时间、频率等）、管理方式、结局指标（血糖和血脂相关指标）、不良事件等。此外，本研究还提取了干预组和对照组的研究参与者数量、结果测量的平均值和标准差等描述性统计数据。如果在筛选和提取过程中遇到分歧，则进行讨论或者参考第3名研究人员的意见决定。

1.4 文献质量评价

2名研究人员分别独立运用Cochrane系统提供的评估工具进行RCT的偏倚风险评估[22]。本研究评估了以下6个方面:选择性偏倚(随机化过程、分配隐藏方法)、实施偏倚（对研究者和干预对象实施盲法）、测量偏倚（结果的测量）、失访偏倚（不完整的结果数据）、发表偏倚(选择性报告)以及其他偏倚。每个条目采用“低偏倚风险”“高偏倚风险”和“不清楚偏倚风险”进行评估。如果在评估过程中意见不一致，则进行讨论，并由第3方评估人员进行决定。

1.5 证据质量评价

由2名研究人员独立采用GRADE系统完成证据的整体质量评估。证据质量的结果呈现是使用GRADEpro GDT生成的“证据总结表”。如果在评估过程中遇到分歧，则进行讨论或者参考第3名研究人员的意见决定。

1.6 统计学方法

Meta分析在RevMan 5.4和Stata 15.1软件中进行。对于连续性变量的数据，选择均数差（*MD*）作为效应量指标。各效应量统一使用95%*CI*表示，以$P<0.05$为差异有统计学意义。采用I^2和*Q*检验评估异质性水平，若各研究间异质性较大（$I^2 \geqslant 50\%$或$P \leqslant 0.10$），则采用随机效应模型，反之则采用固定效应模型（$I^2<50\%$且$P>0.10$）[23]。采用亚组分析寻找异质性的来源。通过逐篇排除文献进行敏感性分析来寻找异质性的来源并评估Meta分析结果的可靠性。预先确定的亚组包括干预周期(3个月，6个月，>6个月)、运动频率(3次/周，>3次/周)和单次运动时间(≤30 min/次，>30 min/次)。通过漏斗图和Egger′s检验发表偏倚。

2 结果

2.1 文献检索结果

通过计算机检索共获得12 693篇文献，通过其他途径检索获得22篇文献。根据纳入和排除标准进行去重和筛选，最终纳入11篇文献[24-34]。文献具体筛选流程见图1。

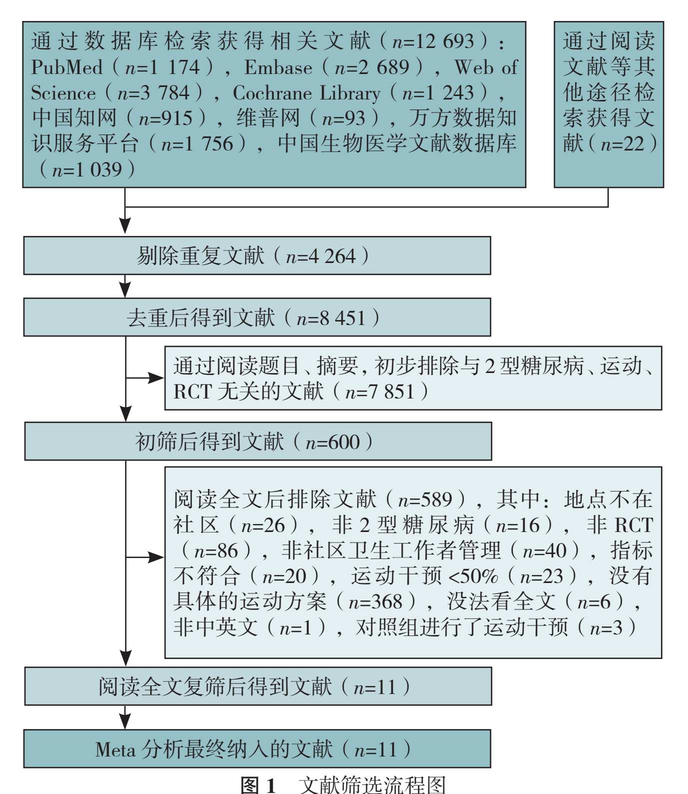


图1 文献筛选流程图

Figure 1 Flow chart of literature screening

2.2 纳入文献的基本特征

纳入的11篇文献中，共有受试者1 079例，其中干预组550例，对照组529例。文献的具体基本特征见表2。

2.3 文献质量评价

本研究共纳入11篇文献，其中10篇文献[24，26-34]研究报告了随机化方法，只有1篇[25]未提及具体的随机方法，评价为不清楚偏倚。只有1篇文献[25]提到了

表 2 所纳入文献的基本特征
Table 2 Basic characteristics of the included literature

第一作者	发表年份（年）	国家	样本量（I/C，例）	年龄（I/C，岁）	干预措施（类型、持续时间、频率）	对照组	管理方式	结局指标
YUNIARTIKA[25]	2021	印度尼西亚	I1：18/I2：18/C：18	I1：40~71/I2：40~71/C：40~71	I1：瑜伽，3次/周，60 min/次，共12周；I2：步行，3次/周，30 min/次，共12周	给予标准的糖尿病护理	社区卫生工作者：两个运动组的患者在运动时都有医疗卫生干部陪同并监督	②
杨贤琼[32]	2021	中国	I：40/C：40	I：（69.85±6.37）/C：（70.13±6.16）	有氧运动，5 d/周，30~60 min/次，共3个月	采取常规护理	社区卫生工作者：在社区护士的指导下进行运动	①②③④⑥⑦
王红[29]	2021	中国	I：100/C：100	I：（60.61±6.43）/C：（61.24±8.63）	有氧运动，4~5次/周，20~40 min/d，共6个月	实施慢性病常规管理	社区卫生工作者：社区医生根据患者的身体状况制订合理的个体化运动方案，全科医生和患者互加微信好友，医生为患者提供在线咨询服务，为患者答疑解惑	①②③④⑤⑥⑦
周蒨[34]	2020	中国	I：31/C：31	I：（54.7±4.9）/C：（54.7±4.9）	太极拳训练，≥4次/周，40 min/次，共12个月	利用社区慢病管理平台开展规范化健康管理	社区卫生工作者：专科医生负责制订个性化治疗方案，病情稳定后下转至社区卫生服务中心，家庭医生按照上级专科医院处方实施延续性管理与随访	①②③
杨天爱[31]	2019	中国	I：51/C：51	I：（58.2±0.4）/C：（57.8±0.6）	有氧，≥30 min/次，≥3次/周，共12周	采取常规的口服降糖药物治疗以及饮食控制常规干预，并对患者进行2型糖尿病的健康宣教	社区卫生工作者：社区卫生服务站医护人员根据其个人不同情况制订个性化的运动干预方案	①②③
陈刚[26]	2017	中国	I：50/C：50	I：（65.2±7.9）/C：（62.4±7.5）	步行，1次/d，20 min/次，≥5次/周，共6个月	对照组进行常规药物治疗，不进行其他干预	社区卫生工作者：研究者对患者进行管理，患者早晨完成规定运动后要进行签到	①②③④⑤⑥⑦
李立峰[27]	2017	中国	I：32/C：32	I：（44.02±1.31）/C：（43.41±1.12）	30 min慢跑+30 min有氧+力量训练，1次/d，共6个月	在常规生活习惯基础上加用常规降糖药物控制血糖	社区卫生工作者：研究者对患者的运动情况进行监督和管理	②
吴广[30]	2016	中国	I：90/C：90	I：（59.74±6.69）/C：（59.57±6.43）	中等有氧+轻中度抗阻，≥5次/周，30 min/次，其中包括2次抗阻训练，共9个月	常规的慢病管理措施	社区卫生工作者：研究者指导患者根据个人的具体情况和条件选择运动方案并记录，定期电话提醒患者最近是否坚持运动锻炼并指导	①②③
卢永鑫[28]	2015	中国	I：40/C：40	I：（61.25±2.59）/C：（61.25±2.59）	有氧运动，30 min/次，4~5次/周，共6个月	降糖药物治疗	社区卫生工作者：社区医生根据患者的年龄、身体状况等推荐合适的运动方式，并且每周上门随访1次，了解患者的运动情况	①②③
张宇林[33]	2014	中国	I：50/C：50	I：（64.1±18.8）/C：（68.0±11.3）	健步走，≥3次/周，30 min/次，共6个月	常规的慢病管理措施	社区卫生工作者：研究者在患者运动过程中给予指导和监督	①②③④⑤⑥⑦
GOLDHABER-FIEBERT[24]	2003	哥斯达黎加	I：33/C：28	I：（60±10）/C：（57±9）	步行，3次/周，60 min/次，共12周	常规医疗护理	社区卫生工作者：社区志愿领导人组织和领导患者进行步行	①②③④⑤⑥⑦

注：I=干预组，C=对照组，①为糖化血红蛋白，②为空腹血糖，③为餐后2 h血糖，④为总胆固醇，⑤为高密度脂蛋白，⑥为低密度脂蛋白，⑦为三酰甘油。

分配隐藏，其余未介绍是否使用了分配隐藏的方法，所以为不清楚偏倚风险。在受试者和研究者盲法的使用上，只有1篇文献[25]实施了盲法，有1篇[24]因未施盲法导致高风险偏倚，其余未提及是否对研究者和受试者实施盲法。在结果测量方面，有7篇文献[24-28, 31, 33]的结果评估使用了客观的仪器测量，评价为低风险；其余文献的结果指标中存在主观评估，所以不清楚是否会存在偏倚风险。所有文献报告了受试者的流失率，不存在失访偏倚。在结局数据报告方面，没有出现选择性报告的情况，均评价为低风险。所有文献的其他偏倚评价为低风险，具体的文献质量评估见图2。

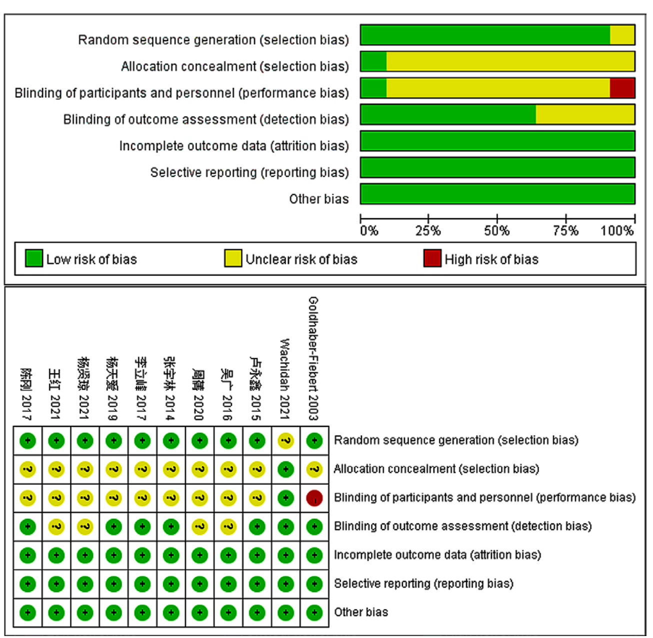
2.4 Meta分析结果

2.4.1 糖化血红蛋白：有9篇文献[24, 26, 28-34]的结局指标中有糖化血红蛋白，共有965例受试者，各研究间异质性较高（I^2=91%），采用随机效应模型进行Meta分析，结果显示，干预组糖化血红蛋白改善程度优于对照组，差异有统计学意义（*MD*=-1.07，95%*CI*=-1.31~-0.83，*P*<0.000 01）。由于异质性较高，通过敏感性分析发现，有2项研究[30-31]存在异质性。去除这2项研究[30-31]后，异质性降到了16%，且效应量变化不大（*MD*=-1.03，95%*CI*=-1.16~-0.91，*P*<0.000 01），见图3。

2.4.2 空腹血糖：有11篇文献[24-34]的结局指标中有糖化血红蛋白，共有1 079例受试者，各研究间异质性较高（I^2=77%），采用随机效应模型进行Meta分析，结果显示，干预组空腹血糖水平改善程度优于对照组（*MD*=-1.26，95%*CI*=-1.57~-0.96，*P*<0.000 01）。由于异质性较高，通过敏感性分析发现，有2项研究[26, 31]是存在异质性的。去除这2项研究[26, 31]之后，异

质性降到了 57%，且效应量变化不大（*MD*=−1.27，95%*CI*=−1.65~−0.90，*P*<0.000 01），见图 4。

2.4.3 餐后 2 h 血糖：有 8 篇文献[26，28-34]的结局指标中有餐后 2 h 血糖，共有 904 例受试者，各研究间异质性较高（I^2=70%），采用随机效应模型进行 Meta 分析，结果显示，干预组餐后 2 h 血糖水平改善程度优于对照组（*MD*=−1.47，95%*CI*=−1.90~−1.04，*P*<0.000 01）。由于异质性较高，通过敏感性分析发现，有 2 项研究[26，32]是存在异质性的。去除这 2 项研究[26，32]之后，异质性降到了 6%，但效应量变小了（*MD*=−1.34，95%*CI*=−1.66~−1.02，*P*<0.000 01），见图 5。



注：A 为偏倚风险总结图，B 为偏倚风险图。

图 2 纳入文献偏倚风险示意图

Figure 2 Risk of bias assessment

Study or Subgroup	Intervention Mean	Intervention SD	Intervention Total	Control Mean	Control SD	Control Total	Weight	Mean Difference IV, Random, 95% CI
Goldhaber-Fiebert 2003	-1.8	2.3	33	-0.4	2.3	28	3.5%	-1.40 [-2.56, -0.24]
卢永鑫 2015	-1.58	1.19	40	-0.05	1.3	40	8.9%	-1.53 [-2.08, -0.98]
吴广 2016	-1.74	0.58	90	-1.08	0.57	90	15.0%	-0.66 [-0.83, -0.49]
周蒨 2020	-2.59	1.13	31	-1.76	1.16	31	8.6%	-0.83 [-1.40, -0.26]
张宇林 2014	-1.53	1.08	50	-0.73	1.01	50	11.1%	-0.80 [-1.21, -0.39]
杨天爱 2019	-2.86	0.25	51	-1.39	0.27	51	15.8%	-1.47 [-1.57, -1.37]
杨贤琼 2021	-2.89	1.49	40	-1.53	1.53	40	7.4%	-1.36 [-2.02, -0.70]
王红 2021	-1.79	0.84	100	-0.87	0.95	100	13.9%	-0.92 [-1.17, -0.67]
陈刚 2017	-3.23	0.19	50	-2.18	0.2	50	15.9%	-1.05 [-1.13, -0.97]
Total (95% CI)			**485**			**480**	**100.0%**	**-1.07 [-1.31, -0.83]**

Heterogeneity: Tau² = 0.10; Chi² = 86.82, df = 8 (P < 0.00001); I² = 91%
Test for overall effect: Z = 8.63 (P < 0.00001)
-2 -1 0 1 2
Favours [intervention] Favours [control]

图 3 糖化血红蛋白的 Meta 分析森林图

Figure 3 Forest plot of Meta-analysis of glycated hemoglobin

2.4.4 总胆固醇：有 5 篇文献[24，26，29，32-33]的结局指标中有总胆固醇，共有 541 名受试者，各研究间异质性较高（I^2=96%），采用随机效应模型进行 Meta 分析，结果显示，干预组总胆固醇水平改善程度优于对照组（*MD*=−1.02，95%*CI*=−1.52~−0.51，*P*<0.000 1）。由于异质性较高，通过敏感性分析发现，有 2 项研究[26，32]是存在异质性的。去除这 2 项研究[26，32]之后，异质性降到了 56%，但效应量变小了（*MD*=−0.62，95%*CI*=−0.92~−0.32，*P*<0.000 1），见图 6。

2.4.5 高密度脂蛋白：有 4 篇文献[24，26，29，33]的结局指标中有高密度脂蛋白，共有 461 例受试者，各研究间异质性较高（I^2=92%），采用随机效应模型进行 Meta 分析，结果显示，两组高密度脂蛋白改善程度比较，差异无统计学意义（*MD*=0.09，95%*CI*=−0.02~0.21，*P*=0.11）。由于异质性较高，通过敏感性分析发现，有 2 项研究[29，33]是存在异质性的。去除这 2 项研究[29，33]之后，异质性降到了 40%，但干预组和对照组之间仍没有显著性差异（*MD*=−0.01，95%*CI*=−0.05~0.03，*P*=0.59），见图 7。

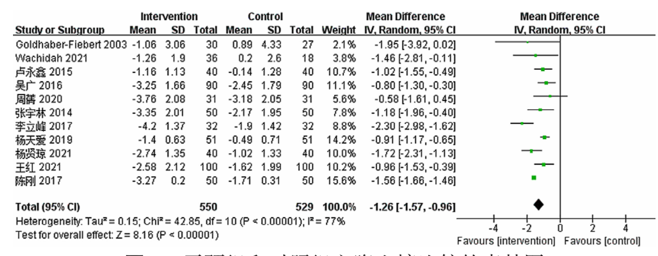


图 4 干预组和对照组空腹血糖比较的森林图

Figure 4 The forest plot of fasting blood glucose between intervention group and control group

Study or Subgroup	Intervention Mean	Intervention SD	Intervention Total	Control Mean	Control SD	Control Total	Weight	Mean Difference IV, Random, 95% CI
卢永鑫 2015	-2.99	2.7	40	-1.47	3.16	40	7.4%	-1.52 [-2.81, -0.23]
吴广 2016	-4.17	1.65	90	-3.22	1.69	90	17.1%	-0.95 [-1.44, -0.46]
周蒨 2020	-4.38	3.26	31	-2.24	3.43	31	5.1%	-2.14 [-3.81, -0.47]
张宇林 2014	-7.81	2.7	50	-6.26	2.67	50	9.5%	-1.55 [-2.60, -0.50]
杨天爱 2019	-6.02	1.22	51	-4.71	1.86	51	15.2%	-1.31 [-1.92, -0.70]
杨贤琼 2021	-4.98	1.99	40	-2.31	2.05	40	11.3%	-2.67 [-3.56, -1.78]
王红 2021	-3.99	2.68	100	-2.17	2.44	100	13.7%	-1.82 [-2.53, -1.11]
陈刚 2017	-5.61	0.41	50	-4.71	0.62	50	20.8%	-0.90 [-1.11, -0.69]
Total (95% CI)			**452**			**452**	**100.0%**	**-1.47 [-1.90, -1.04]**

Heterogeneity: Tau² = 0.22; Chi² = 23.06, df = 7 (P = 0.002); I² = 70%
Test for overall effect: Z = 6.70 (P < 0.00001)
-2 -1 0 1 2
Favours [intervention] Favours [control]

图 5 干预组和对照组餐后 2 h 血糖比较的森林图

Figure 5 The forest plot of 2-hour plasma glucose between intervention group and control group

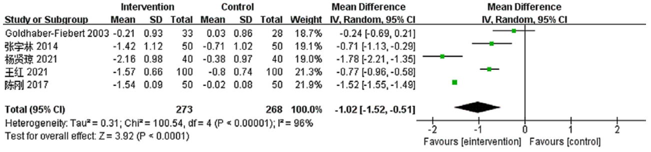


图 6 干预组和对照组总胆固醇比较的森林图

Figure 6 The forest plot of total cholesterol between intervention group and control group

Study or Subgroup	Intervention Mean	Intervention SD	Intervention Total	Control Mean	Control SD	Control Total	Weight	Mean Difference IV, Random, 95% CI
Goldhaber-Fiebert 2003	-0.13	0.13	33	-0.08	0.16	28	26.1%	-0.05 [-0.12, 0.02]
张宇林 2014	0.49	0.45	50	0.11	0.36	50	18.6%	0.38 [0.22, 0.54]
王红 2021	0.45	0.29	100	0.31	0.25	100	26.0%	0.14 [0.06, 0.22]
陈刚 2017	0.01	0.03	50	0.01	0.05	50	29.2%	0.00 [-0.02, 0.02]
Total (95% CI)			**233**			**228**	**100.0%**	**0.09 [-0.02, 0.21]**

Heterogeneity: Tau² = 0.01; Chi² = 36.01, df = 3 (P < 0.00001); I² = 92%
Test for overall effect: Z = 1.62 (P = 0.11)
-0.5 -0.25 0 0.25 0.5
Favours [intervention] Favours [control]

图 7 干预组和对照组高密度脂蛋白比较的森林图

Figure 7 The forest plot of high-density lipoprotein between intervention group and control group

2.4.6 低密度脂蛋白：有 5 篇文献[24，26，29，32-33]的结局指标中有低密度脂蛋白，共有 533 例受试者，各研究间异质性较高（I^2=92%），采用随机效应模型进行 Meta

分析，结果显示，干预组低密度脂蛋白水平改善程度优于对照组（MD=–0.62，95%CI=–0.87~–0.37，P<0.000 01）。由于异质性较高，通过敏感性分析发现，有 1 项研究[33]是存在异质性的。去除这 1 项研究[33]之后，异质性仍然很大（I^2=89%），但效应量变得更显著了（MD=–0.76，95%CI=–0.98~–0.53，P<0.000 01），见图 8。

2.4.7　三酰甘油：有 5 篇文献[24，26，29，32–33]的结局指标中有三酰甘油，共有 541 例受试者，各研究间异质性较高（I^2=94%），采用随机效应模型进行 Meta 分析，结果显示，干预组三酰甘油水平改善程度优于对照组（MD=–0.71，95%CI=–1.13~–0.28，P=0.001）。由于异质性较高，通过敏感性分析发现，有 1 项研究[32]是存在异质性的。去除这 1 项研究[32]之后，异质性降到了 74%，但效应量变小了（MD=–0.44，95%CI=–0.69~–0.19，P=0.000 5），见图 9。

图 8　干预组和对照组低密度脂蛋白比较的森林图

Figure 8　The forest plot of low-density lipoprotein between intervention group and control group

图 9　干预组和对照组三酰甘油比较的森林图

Figure 9　The forest plot of triglycerides between intervention group and control group

2.5　亚组分析

根据运动频率（3 次 / 周，>3 次 / 周）、单次运动时间（≤ 30 min/ 次，>30 min/ 次）和干预周期（3 个月，6 个月，>6 个月）进行亚组分析。

根据运动频率进行亚组分析发现，糖化血红蛋白（亚组差异 P=0.45）、空腹血糖（亚组差异 P=0.12）、餐后 2 h 血糖（亚组差异 P=0.69）的效应大小不受运动频率的影响。而运动频率对次要结果中的总胆固醇有不同的效应大小，即与 3 次 / 周的运动频率相比，>3 次 / 周的运动频率对总胆固醇（亚组差异 P=0.02）的改善更显著。本研究还发现 3 次 / 周的运动频率对低密度脂蛋白（P=0.27）和三酰甘油水平（P=0.15）的影响并不显著，见表 3。

根据单次运动时间进行亚组分析发现，与≤ 30

表 3　根据不同运动频率进行的亚组分析的结果

Table 3　Results of subgroup analysis based on different exercise frequencies

结局指标	研究数量（篇）	受试者例数	异质性检验		效应模型	Meta 分析		亚组间差异
			P 值	I^2（%）		效应量（95%CI）	P 值	
HbA_{1c}	9[24，26，28–34]	965	<0.000 01	91	随机	–1.07（–1.31~–0.83）	<0.000 01	0.45
3 次 / 周	3[24，31，33]	263	0.008	79		–1.21（–1.75~–0.67）	<0. 000 1	
>3 次 / 周	6[26，28–30，32，34]	702	0.000 4	78		–0.98（–1.21~–0.76）	<0.000 01	
FBG	11[24–34]	1079	<0.000 01	77	随机	–1.26（–1.57~–0.96）	<0.000 01	0.12
3 次 / 周	4[24，25，31，33]	313	0.58	0		–0.97（–1.21~–0.73）	<0.000 01	
>3 次 / 周	7[26–30，32，34]	766	0.000 5	75		–1.31（–1.68~–0.95）	<0.000 01	
2 hPG	8[26，28–34]	904	0.002	70	随机	–1.47（–1.90~–1.04）	<0.000 01	0.69
3 次 / 周	2[31，33]	202	0.70	0		–1.37（–1.90~–0.84）	<0.000 01	
>3 次 / 周	6[26，28–30，32，34]	702	0.000 6	77		–1.53（–2.09~–0.97）	<0.000 01	
TC	5[24，26，29，32，33]	541	<0.000 01	96	随机	–1.02（–1.52~–0.51）	<0.000 1	0.02
3 次 / 周	2[24，33]	161	0.13	55		–0.48（–0.94~–0.02）	0.04	
>3 次 / 周	3[26，29，32]	380	<0.000 01	97		–1.34（–1.90~–0.77）	<0.000 01	
HDL	4[24，26，29，33]	461	<0.000 01	92	随机	0.09（–0.02~0.21）	0.11	0.68
3 次 / 周	2[24，33]	161	<0.000 01	96		0.16（–0.26~0.58）	0.46	
>3 次 / 周	2[26，29]	300	0.000 4	92		0.07（–0.07~0.20）	0.35	
LDL	5[24，26，29，32，33]	533	<0.000 01	92	随机	–0.62（–0.87~–0.37）	<0.000 01	<0.000 01
3 次 / 周	2[24，33]	153	0.27	17		–0.05（–0.30~0.21）	0.27	
>3 次 / 周	3[26，29，32]	380	0.003	83		–0.87（–1.05~–0.70）	0.003	
TG	5[24，26，29，32，33]	541	<0.000 01	94	随机	–0.71（–1.13~–0.28）	0.001	0.23
3 次 / 周	2[24，33]	161	0.23	31		–0.36（–0.86~0.14）	0.15	
>3 次 / 周	3[26，29，32]	380	<0.000 01	94		–0.84（–1.13~–0.28）	0.005	

注：HbA_{1c}= 糖化血红蛋白，FBG= 空腹血糖，2 hPG= 餐后 2 h 血糖，TC= 总胆固醇，HDL= 高密度脂蛋白，LDL= 低密度脂蛋白，TG= 三酰甘油。

min/ 次相比，>30 min/ 次的运动对餐后 2 h 血糖（亚组差异 P=0.001）的影响更大。≤ 30 min/ 次的运动对总胆固醇（P=0.19）和低密度脂蛋白水平（P=0.42）的影响并不显著。而其他血糖和血脂标志物的改善受单次运动时间的影响并不显著，见表 4。

根据干预周期进行亚组分析发现，与 6 个月以及更长时间的干预周期相比，3 个月的运动干预对糖化血红蛋白（亚组差异 P<0.000 01）和三酰甘油（亚组差异 P=0.008）的影响更大。3 个月的运动干预对总胆固醇（P=0.19）和低密度脂蛋白（P=0.42）的改善并不显著。而其他血糖和血脂标志物的改善受干预周期的影响并不显著，见表 5。

2.6　不良事件

在纳入的 11 项研究中，均未报道有不良事件的发生。

2.7　发表偏倚

只有糖化血红蛋白和空腹血糖的研究数据接近或超过 10 项研究[23]，因此，只对这 2 个结果进行漏斗图和 Egger′ s 检验是否存在发表偏倚。糖化血红蛋白（P=0.34）、空腹血糖（P=0.281）未表现出任何显著的发表偏倚。

2.8　证据质量评价

证据质量评价的结果显示，糖化血红蛋白和空腹血糖为低级证据，餐后 2 h 血糖和血脂相关结局指标为极低级证据，具体见表 6。

3　讨论

2 型糖尿病虽然会受到遗传等先天因素的影响，但更多是与静坐少动、饮食不当等不良的生活方式有关[35]。众所周知，科学合理的运动对 2 型糖尿病的治疗有着积极作用[5-6，14]，是控制和管理 2 型糖尿病的重要组成部分[36]。因此，如果能让运动作为 2 型糖尿病患者生活的一部分，并且长期坚持下去，可以有效改善 2 型糖尿病患者的病情。有研究表明，在社区进行运动干预时，有专业人员的监督会更有利于对糖尿病患者的血糖控制以及疾病管理[37]。社区作为 2 型糖尿病患者长期的生活地点，通过社区卫生工作者为患者提供运动干预的管理是非常值得推荐的 2 型糖尿病健康管理策略。

社区卫生工作者是所服务社区和 / 或对所服务社区有密切了解的专职人员，其目标是通过教育、援助、客户宣传、社会支持、非正式咨询和与社区资源的联系来促进健康[38]。从现有的研究来看，在社区中组织管理运动干预的实施主体主要是社区医生、护士、社区志愿

表 4　根据单次运动时间进行的亚组分析的结果
Table 4　Results of subgroup analysis based on single exercise duration

结局指标	研究数量（篇）	受试者例数	异质性检验		效应模型	Meta 分析		亚组间差异
			P 值	I^2（%）		效应量（95%CI）	P 值	
HbA_{1c}	9[24，26，28-34]	965	<0.000 01	91	随机	−1.07（−1.31~−0.83）	<0.000 01	0.87
≤ 30 min/ 次	6[26，28-31，33]	762	<0.000 01	94		−1.06（−1.33~−0.78）	<0.000 01	
>30 min/ 次	3[24，32，34]	203	0.42	0		−1.10（−1.50~−0.69）	<0.000 01	
FBG	11[24-34]	1079	<0.000 01	77	随机	−1.26（−1.57~−0.96）	<0.000 01	0.12
≤ 30 min/ 次	6[26，28-31，33]	762	<0.000 01	85		−1.09（−1.46~−0.72）	<0.000 01	
>30 min/ 次	5[24，25，27，32，34]	317	0.10	48		−1.65（−2.24~−1.05）	<0.000 01	
2 hPG	8[26，28-34]	904	0.002	70	随机	−1.47（−1.90~−1.04）	<0.000 01	0.001
≤ 30 min/ 次	6[26，28-31，33]	762	0.12	42		−1.18（−1.90~−0.87）	<0.000 01	
>30 min/ 次	2[32，34]	142	0.58	0		−2.55（−3.34~−1.77）	<0.000 01	
TC	5[24，26，29，32，33]	541	<0.000 01	96	随机	−1.02（−1.52~−0.51）	<0.000 1	0.99
≤ 30 min/ 次	3[26，29，33]	400	<0.000 01	97		−1.02（−1.63~−0.40）	0.001	
>30 min/ 次	2[24，32]	141	<0.000 01	96		−1.34（−1.90~−0.77）	0.19	
HDL	4[24，26，29，33]	461	<0.000 01	92	随机	0.09（−0.02~0.21）	0.11	0.03
≤ 30 min/ 次	3[26，29，33]	400	<0.000 01	94		0.16（−0.20~0.32）	0.07	
>30 min/ 次	1[24]	61				−0.05（−0.12~0.02）	0.19	
LDL	5[24，26，29，32，33]	533	<0.000 01	92	随机	−0.62（−0.87~−0.37）	<0.000 01	1.00
≤ 30 min/ 次	3[26，29，33]	400	<0.000 01	92		−0.61（−0.84~−0.38）	<0.000 01	
>30 min/ 次	2[24，32]	133	<0.000 01	96		−0.61（−2.10~0.88）	0.42	
TG	5[24，26，29，32，33]	541	<0.000 01	94	随机	−0.71（−1.13~−0.28）	0.001	0.008
≤ 30 min/ 次	3[26，29，33]	400	0.003	82		−0.42（−0.69~−0.15）	0.003	
>30 min/ 次	2[24，32]	141	0.15	52		−1.37（−2.03~−0.71）	<0.000 1	

表 5 根据不同干预周期进行的亚组分析结果

Table 5 Results of subgroup analysis based on the different intervention duration

结局指标	研究数量（篇）	受试者例数	异质性检验		效应模型	Meta 分析		亚组间差异
			P 值	I^2（%）		效应量（95%*CI*）	*P* 值	
HbA_{1c}	9[24, 26, 28-34]	965	<0.000 01	91	随机	−1.07（−1.31~−0.83）	<0.000 01	<0.000 01
3 个月	3[24, 31, 32]	243	0.94	0		−1.47（−1.57~−1.37）	<0.000 01	
6 个月	4[26, 28, 29, 33]	480	0.15	44		−1.02（−1.20~−0.85）	<0.000 01	
>6 个月	2[30, 34]	242	0.58	0		−0.67（−0.83~−0.51）	<0.000 01	
FBG	11[24-34]	1079	<0.000 01	77	随机	−1.26（−1.57~−0.96）	<0.000 01	0.09
3 个月	4[24, 25, 31, 32]	293	0.06	59		−1.33（−1.92~−0.75）	<0.00001	
6 个月	5[26-29, 33]	544	0.01	70		−1.40（−1.79~−1.01）	<0.000 01	
>6 个月	2[30, 34]	242	0.71	0		−0.76（−1.21~−0.30）	0.001	
2 hPG	8[26, 28-34]	904	0.002	70	随机	−1.47（−1.90~−1.04）	<0.000 01	0.68
3 个月	2[31, 32]	182	0.01	84		−1.95（−3.28~−0.62）	0.004	
6 个月	4[26, 28, 29, 33]	480	0.05	61		−1.34（−1.92~−0.77）	<0.000 01	
>6 个月	2[30, 34]	242	0.18	45		−1.27（−2.30~−0.24）	0.02	
TC	5[24, 26, 29, 32, 33]	541	<0.000 01	96	随机	−1.02（−1.52~−0.51）	<0.000 1	0.99
3 个月	2[24, 32]	141	<0.000 01	96		−1.01（−2.52~0.50）	0.19	
6 个月	3[26, 29, 33]	400	<0.000 01	97		−1.02（−1.63~−0.40）	0.001	
HDL	4[24, 26, 29, 33]	461	<0.000 01	92	随机	0.09（−0.02~0.21）	0.11	0.03
3 个月	1[24]	61				−0.05（−0.12~0.02）	0.19	
6 个月	3[26, 29, 33]	400	<0.000 01	94		0.16（−0.01~0.32）	0.07	
LDL	5[24, 26, 29, 32, 33]	533	<0.000 01	92	随机	−0.62（−0.87~−0.37）	<0.000 01	1.00
3 个月	2[24, 32]	133	<0.000 01	96		−0.61（−2.10~0.88）	0.42	
6 个月	3[26, 29, 33]	400	<0.000 01	92		−0.61（−0.84~−0.38）	<0.000 01	
TG	5[24, 26, 29, 32, 33]	541	<0.000 01	94	随机	−0.71（−1.13~−0.28）	0.001	0.008
3 个月	2[24, 32]	141	0.15	52		−1.37（−2.03~−0.71）	<0.000 1	
6 个月	3[26, 29, 33]	400	0.003	82		−0.42（−0.69~−0.15）	0.003	

表 6 结局指标的 GRADE 证据分级结果总结表

Table 6 Summary of GRADE evidence grading results for outcome indicators

结局指标	研究数量（篇）	*MD*（95%*CI*）	GRADE 系统					证据等级
			局限性	不一致性	间接性	不精确性	发表偏倚	
HbA_{1c}	9	−1.07（−1.31~−0.83）	−1 ①	−1 ③	0	0	0	低级
FBG	11	−1.26（−1.57~−0.96）	−1 ①	−1 ③	0	0	0	低级
2hPG	8	−1.47（−1.90~−1.04）	−1 ①	−1 ②	0	0	−1 ④	极低级
TC	5	−1.02（−1.52~−0.51）	−1 ①	−1 ③	0	0	−1 ④	极低级
HDL	5	0.09（−0.02~0.21）	−1 ①	−1 ③	0	0	−1 ④	极低级
LDL	5	−0.62（−0.87~−0.37）	−1 ①	−1 ③	0	0	−1 ④	极低级
TG	5	−0.71（−1.13~−0.28）	−1 ①	−1 ③	0	0	−1 ④	极低级

注：在 GRADE 系统中，0 表示不降级，−1 表示降一级；在置信区间中，*MD* 为均数差；①表示纳入研究存在缺陷在盲法、分配方案隐藏方面存在缺陷；②表示合并结果后的异质性较大，存在中度异质性；③表示合并结果后的异质性很大，存在高度异质性；④纳入研究数量较少可能存在潜在的发表偏倚

者[25, 34]或研究团队[26, 30]在社区招募受试者来开展研究。因此，本研究主要纳入这几种社区卫生工作者管理下的运动干预的 RCT 进行 Meta 分析。通过对包括 1 079 例 2 型糖尿病患者在内的 11 项研究的 Meta 分析结果显示，通过社区卫生工作者管理下的运动干预可以明显改善 2 型糖尿病患者的糖化血红蛋白、空腹血糖水平、餐后 2 h 血糖。此外，基于社区卫生工作者管理下的运动干预还可以明显改善总胆固醇、低密度脂蛋白和三酰甘油水平。这与之前关于各类运动训练方案对 2 型糖尿病患者血糖反应影响的系统评价的报告基本一致[5-6, 8]，也与先前的一些包括运动在内的社区综合干预的 Meta 分析结果一致[37, 39]。这表明社区卫生工作者参与管理下的

运动干预是改善 2 型糖尿病患者的血糖水平、延缓病情发展的有效手段。关于血脂的 Meta 分析结果，与对照组相比，本研究没有发现高密度脂蛋白水平有显著改善，而其他血脂指标的水平有明显下降。这与以往的研究有所不同。有 Meta 分析表明，运动对总胆固醇、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、三酰甘油有显著改善[8，40]。导致这种结果的原因可能是由于所纳入研究中的受试者的高密度脂蛋白的基线平均水平多处于正常范围，从而没有出现高密度脂蛋白的显著改变。

本研究的异质性较高。因此，进行了敏感性分析来寻找异质性的来源。通过逐篇排除文献进行敏感性分析发现，出现异质性较高的原因可能是纳入研究的运动类型、运动频率、单次运动时间、干预周期、指标的基线平均水平有所不同。另外，吴广等[30]的研究相较于其他研究的样本量较大，而大样本的 RCT 在质量控制上有一定的难度，从而可能出现较高的异质性。基于上述可能出现的原因，所以每个结果先排除出现异质性的研究，再进行敏感性分析得出结果。所有指标的干预结果与之前未剔除时的结果基本保持一致，提示结果稳定可靠。

通过对不同运动频率、不同单次运动时间进行亚组分析发现，每周进行 3 次以及 3 次以上的运动能改善 2 型糖尿病患者的血糖和总胆固醇水平，且每周进行 3 次以上的运动对总胆固醇有更显著的改善。本研究还发现不管是每次运动≤ 30 min 还是 >30 min，均能改善 2 型糖尿病患者的血糖和三酰甘油水平，且每次运动时间超过 30 min 对餐后 2 h 血糖和三酰甘油有更显著的改善。这也证明了 2 型糖尿病患者在社区卫生工作者管理下的运动干预需要有时间和周期的积累，才可能出现较好的效果。在今后针对 2 型糖尿病基于社区卫生工作者的运动干预管理中，建议可以按照每周运动 3 次以上，每次超过 30 min 来设置运动处方。值得注意的是，每周进行 3 次的运动干预没有显著改善低密度脂蛋白和三酰甘油水平，每次运动时间超过 30 min 没有显著改善总胆固醇和低密度脂蛋白水平。导致出现这种结果的原因可能是每个亚组纳入的样本量太少，未来还需要有更多高质量的研究来验证不同的运动剂量对血脂的影响。

通过对不同的干预周期进行亚组分析发现，3 个月的运动干预能改善 2 型糖尿病患者的糖化血红蛋白和三酰甘油水平。但本研究并没有发现 3 个月的运动干预可以改善总胆固醇和低密度脂蛋白，这表明可能需要社区卫生工作者更长时间的运动干预管理才能引起临床上的降低。虽然运动对新陈代谢的好处很显著，但其效果是短暂的，并在 48~96 h 开始消失[41]。因此，需要社区卫生工作者对 2 型糖尿病患者进行长期持续的运动干预管理，来促进患者养成长期运动的生活方式，以维持可以通过运动获得的良好代谢环境，如胰岛素敏感性和葡萄糖摄取的持续改善[42]。

本研究是第一个系统评价基于社区卫生工作者管理模式下的运动干预对 2 型糖尿病影响的 Meta 分析。此外，本研究探讨了社区卫生工作者在运动干预管理中的运动量。本研究还存在一些局限性。本研究纳入的只有中、英文文献，且中文偏多，这可能与每个国家对于慢性病的管理方法存在差异有关。本研究纳入文献的质量评价多为中等偏倚。在分配隐藏、研究人员、受试者的施盲中，很多研究没有说明，故不清楚是否存在偏倚风险，这往往在临床试验的设计和执行中引入选择偏倚。另外，本研究所纳入的文献只有 1 篇的运动方式为有氧联合抗阻运动，其他均为有氧运动，因此无法进一步去分析在社区卫生工作者管理模式下的不同运动类型对 2 型糖尿病的影响效果。总之，尚需要更多高质量随机对照以期为制订 2 型糖尿病的社区运动干预指南提供证据。

综上所述，基于社区卫生工作者管理下的运动干预可以显著改善 2 型糖尿病患者的血糖和血脂水平，可以有效延缓疾病的发展，降低出现并发症的风险。社区卫生工作者应按照上级专科医院处方对 2 型糖尿病实施延续性管理与随访，根据患者的身体状况制订合理的个体化运动方案，并通过线上和线下相结合的方式对患者的运动干预进行监督和管理。社区卫生工作者在今后针对 2 型糖尿病的运动干预管理中，推荐按照 >30 min/ 次，>3 次 / 周，持续≥ 3 个月的有氧运动干预来制订运动方案。如果 2 型糖尿病患者伴有血脂异常的情况，则建议运动干预周期最好持续 6 个月及以上。

作者贡献：董晨阳负责文章的构思与设计、研究资料的收集与整理、数据分析、文章撰写；李然负责论文修订、文章的质量控制及审校，对文章整体负责，监督管理；刘若亚负责数据提取；黄志扬负责文献筛选；杨阳负责偏倚风险评估。

本文无利益冲突。

参考文献

[1] OZOUGWU O. The pathogenesis and pathophysiology of type 1 and type 2 diabetes mellitus [J]. J Physiol Pathophysiol，2013，4(4)：46-57. DOI：10.5897/jpap2013.0001.

[2] SUN H，SAEEDI P，KARURANGA S，et al. IDF Diabetes Atlas：global，regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045 [J]. Diabetes Res Clin Pract，2022，183：109119. DOI：10.1016/j.diabres.2021.109119.

[3] CHATTERJEE S，KHUNTI K，DAVIES M J. Type 2 diabetes [J]. Lancet，2017，389(10085)：2239-2251. DOI：10.1016/S0140-6736(17)30058-2.

[4] MAGALHÃES J P，SANTOS D A，CORREIA I R，et al. Impact of combined training with different exercise intensities on inflammatory

and lipid markers in type 2 diabetes: a secondary analysis from a 1-year randomized controlled trial [J]. Cardiovasc Diabetol, 2020, 19 (1): 169. DOI: 10.1186/s12933-020-01136-y.

[5] GAO S Y, TANG J L, YI G Z, et al. The therapeutic effects of mild to moderate intensity aerobic exercise on glycemic control in patients with type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of randomized trials [J]. Diabetes Ther, 2021, 12 (10): 2767-2781. DOI: 10.1007/s13300-021-01149-0.

[6] 梁敏，王海牛，黄鹏，等．抗阻运动对2型糖尿病糖脂代谢异常患者干预效果的系统综述和Meta分析[J]. 中国组织工程研究，2019，23（35）：5718-5726.

[7] DOS SANTOS ARAUJO J E, NUNES MACEDO F, SALES BARRETO A, et al. Effects of resistance and combined training on vascular function in type 2 diabetes: a systematic review of randomized controlled trials [J]. Rev Diabet Stud, 2019, 15: 16-25. DOI: 10.1900/RDS.2019.15.16.

[8] SONG G, CHEN C C, ZHANG J, et al. Association of traditional Chinese exercises with glycemic responses in people with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. J Sport Health Sci, 2018, 7 (4): 442-452. DOI: 10.1016/j.jshs.2018.08.004.

[9] 周琼，陶景芸，沈如云．对2型糖尿病患者运动自我管理现状及研究的探讨［J］．中国农村卫生，2016（8）：32.

[10] ZHU Y Y, CHENG K Y, WANG H, et al. Exercise adherence and compliance and its related factors among elderly patients with type 2 diabetes in China: a cross-sectional study [J]. Patient Prefer Adherence, 2022, 16: 3329-3339. DOI: 10.2147/PPA.S374120.

[11] DA ROCHA R B, SILVA C S, CARDOSO V S. Self-care in adults with type 2 diabetes mellitus: a systematic review [J]. Curr Diabetes Rev, 2020, 16 (6): 598-607. DOI: 10.2174/1573399815666190702161849.

[12] 冉倩，赵锡丽，代旭丽．2型糖尿病病人疾病运动知识水平现状及影响因素分析［J］．全科护理，2022，20（9）：1270-1274. DOI：10.12104/j.issn.1674-4748.2022.09.033.

[13] CHERRINGTON A, AYALA G X, ELDER J P, et al. Recognizing the diverse roles of community health workers in the elimination of health disparities: from paid staff to volunteers [J]. Ethn Dis, 2010, 20 (2): 189-194.

[14] XING H M, LU J H, YOONG S Q, et al. Effect of aerobic and resistant exercise intervention on inflammaging of type 2 diabetes mellitus in middle-aged and older adults: a systematic review and meta-analysis [J]. J Am Med Dir Assoc, 2022, 23 (5): 823-830.e13. DOI: 10.1016/j.jamda.2022.01.055.

[15] HOU Y Y, LIN L, LI W, et al. Effect of combined training versus aerobic training alone on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients: a meta-analysis [J]. Int J Diabetes Dev Ctries, 2015, 35 (4): 524-532. DOI: 10.1007/s13410-015-0329-9.

[16] 陈艾凡．基于自我管理支持的综合核心干预对社区老年2型糖尿病患者血糖控制效果影响的随机对照研究［D］．福州：福建医科大学，2021.

[17] PÉREZ-ESCAMILLA R, DAMIO G, CHHABRA J, et al. Impact of a community health workers-led structured program on blood glucose control among latinos with type 2 diabetes: the DIALBEST trial [J]. Diabetes Care, 2015, 38 (2): 197-205. DOI: 10.2337/dc14-0327.

[18] REINSCHMIDT K M, CHONG J. SONRISA: a curriculum toolbox for promotores to address mental health and diabetes [J]. Prev Chronic Dis, 2007, 4 (4): A101.

[19] GRAY K E, HOERSTER K D, TAYLOR L, et al. Improvements in physical activity and some dietary behaviors in a community health worker-led diabetes self-management intervention for adults with low incomes: results from a randomized controlled trial [J]. Transl Behav Med, 2021, 11 (12): 2144-2154. DOI: 10.1093/tbm/ibab113.

[20] LUTES L D, CUMMINGS D M, LITTLEWOOD K, et al. A community health worker-delivered intervention in African American women with type 2 diabetes: a 12-month randomized trial [J]. Obesity, 2017, 25 (8): 1329-1335. DOI: 10.1002/oby.21883.

[21] SHAMSEER L, MOHER D, CLARKE M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015: elaboration and explanation [J]. BMJ, 2015, 350: g7647. DOI: 10.1136/bmj.g7647.

[22] HIGGINS J P T, ALTMAN D G, GØTZSCHE P C, et al. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials [J]. BMJ, 2011, 343: d5928. DOI: 10.1136/bmj.d5928.

[23] HIGGINS JPT T J, CHANDLER J, CUMPSTON M, et al. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 6.3 (updated February 2022) [EB/OL]. [2023-04-22]. https://www.training.cochrane.org/handbook.

[24] GOLDHABER-FIEBERT J D, GOLDHABER-FIEBERT S N, TRISTÁN M L, et al. Randomized controlled community-based nutrition and exercise intervention improves glycemia and cardiovascular risk factors in type 2 diabetic patients in rural Costa Rica [J]. Diabetes Care, 2003, 26 (1): 24-29. DOI: 10.2337/diacare.26.1.24.

[25] YUNIARTIKA W, SUDARYANTO A, MUHLISIN A, et al. Effects of Yoga therapy and walking therapy in reducing blood sugar levels on diabetes mellitus patients in the community [J]. Open Access Maced J Med Sci, 2021, 9 (E): 906-912. DOI: 10.3889/oamjms.2021.7104.

[26] 陈刚，刘璋寅，许红，等．饮食代替疗法结合运动管理及健康教育对社区2型糖尿病患者的健康效应评价［J］．中国全科医学，2017，20（S2）：236-239.

[27] 李立峰，邢同生，赵存马．运动疗法在社区肥胖2型糖尿病患者治疗中的应用价值［J］．实用临床医学，2017，18（7）：17-19. DOI：10.13764/j.cnki.lcsy.2017.07.007.

[28] 卢永鑫，林丽如．综合干预联合药物治疗对社区糖尿病患者控糖效果的影响［J］．北方药学，2015（5）：186-186，187.

[29] 王红，陈桃玉，徐彤桐．以运动干预为主的综合管理对社区老年2型糖尿病患者的管理效果[J]. 慢性病学杂志，2021，22(2)：318-320，323. DOI：10.16440/j.cnki.1674-8166.2021.02.054.

[30] 吴广，孙奕，黄斯夫．社区卫生中心对2型糖尿病患者实施运动指导干预的效果与成本分析[J]. 海南医学，2016，27(16)：2635-2637. DOI：10.3969/j.issn.1003-6350.2016.16.019.

[31] 杨天爱．个体化运动干预应用于社区2型糖尿病患者对其血糖

的影响分析［J］. 临床医药文献电子杂志，2019，6（32）：27，30. DOI：10.16281/j.cnki.jocml.2019.32.019.
［32］杨贤琼，路俊英，李瑞 . 基于 FATmax 理论的运动护理干预对社区老年 T2DM 患者的影响［J］. 齐鲁护理杂志，2021，27（19）：21-24. DOI：10.3969/j.issn.1006-7256.2021.19.006.
［33］张宇林，张茜，刘菊红 . 运动干预及社区管理对 2 型糖尿病患者的影响研究［J］. 中国全科医学，2014，17（22）：2634-2636，2647. DOI：10.3969/j.issn.1007-9572.2014.22.022.
［34］周蒨，董萍，陈真，等 . 全专团队模式下中西医结合康复对社区 2 型糖尿病认知功能障碍的效果评价［J］. 海南医学，2020，31（24）：3188-3191. DOI：10.3969/j.issn.1003-6350.2020.24.017.
［35］HAMILTON M T，HAMILTON D G，ZDERIC T W. Role of low energy expenditure and sitting in obesity，metabolic syndrome，type 2 diabetes，and cardiovascular disease［J］. Diabetes，2007，56（11）：2655-2667. DOI：10.2337/db07-0882.
［36］American Diabetes Association. 4. lifestyle management：Standards of medical care in diabetes-2018［J］. Diabetes Care，2018，41（Suppl 1）：S38-50. DOI：10.2337/dc18-S004.
［37］陆阿明，任园园，王岑依，等 . 中老年高血压、糖尿病患者社区运动干预策略分析［J］. 体育科研，2021，42（5）：29-38. DOI：10.12064/ssr.20210505.
［38］American Public Health Association. Community health workers［EB/OL］.（2019）［2023-03-15］. https://www.apha.org/apha-communities/member-sections/community-health-workers.
［39］PLOTNIKOFF R C，COSTIGAN S A，KARUNAMUNI N D，et al. Community-based physical activity interventions for treatment of type 2 diabetes：a systematic review with meta-analysis［J］. Front Endocrinol，2013，4：3. DOI：10.3389/fendo.2013.00003.
［40］KELLEY G A，KELLEY K S. Effects of aerobic exercise on lipids and lipoproteins in adults with type 2 diabetes：a meta-analysis of randomized-controlled trials［J］. Public Health，2007，121（9）：643-655. DOI：10.1016/j.puhe.2007.02.014.
［41］DS K，PJ B，RL S，et al. Time course for exercise-induced alterations in insulin action and glucose ［J］. DOI：10.1152/jappl.1995.78.1.17.
［42］JA H，SJ L. Exercise training-induced improvements in insulin action［J］. Acta Physiologica，2008，192（1）：127-135. DOI：10.1111/j.1748-1716.2007.01783.x.

（收稿日期：2023-06-22；修回日期：2023-09-28）
（本文编辑：贾萌萌）